

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO

OFICINA DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

CONCURSO DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN 2013



INFORME FINAL

**"DISEÑO DE UN BRAZO ROBOT HIDRÁULICO DE DESPLAZAMIENTO
AUTOMÁTICO ASISTIDO POR COMPUTADORA"**

INVESTIGADOR RESPONSABLE:

Ing. ANDY HIRVYN RUCOBA REÁTEGUI

INVESTIGADORES CO - RESPONSABLES:

Ing. M.Sc. JORGE DAMIÁN VALVERDE IPARRAGUIRRE

Ing. BUENAVENTURA RÍOS RÍOS

Ing. JOSÉ ENRIQUE CELIS ESCUDERO

INVESTIGADORES COLABORADORES:

Ing. CARLOS ARMANDO RÍOS LÓPEZ

Lic. M.Sc. CARLOS RODRÍGUEZ GRÁNDEZ

Ing. M.Sc. HORACIO RAMÍREZ GARCÍA

Ing. Mg. CARLOS ENRIQUE LÓPEZ RODRÍGUEZ

Ing. JOHN CLARK SANTA MARÍA PINEDO

Ing. PEDRO ANTONIO GONZÁLES SÁNCHEZ

Estud. JORGE BRYAN RUCOBA LUNA

Estud. PEDRO EVER VÁSQUEZ YLQUIMICHE

Estud. JAIR VÁSQUEZ RÍOS

Estud. ROSARIO MARUBÍ OLANO RAMÍREZ

Estud. MAURO RUBÉN FLORES FLORES

Administrativo: TONNY TUESTA PINEDO

TARAPOTO - MAYO, 2014

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN – TARAPOTO
OFICINA DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO
CONCURSO DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN 2013



INFORME FINAL

**“DISEÑO DE UN BRAZO ROBOT HIDRÁULICO DE
DESPLAZAMIENTO AUTOMÁTICO ASISTIDO POR COMPUTADORA”**

Investigador Responsable:

Ing. Andy Hirvyn Rucoba Reátegui

Investigadores Co-Responsables:

Ing. M.Sc. Jorge Damian Valverde Iparraguirre

Ing. Buenaventura Ríos Ríos

Ing. José Enrique Celis Escudero

Investigadores Colaboradores:

Ing. Carlos Armando Ríos López

Lic. M.Sc. Carlos Rodríguez Grández

Ing. M.Sc. Horacio Ramírez García

Ing. Mg. Carlos Enrique López Rodríguez

Ing. John Clark Santa María Pinedo

Ing. Pedro Antonio Gonzáles Sánchez

Estud. Jorge Bryan Rucoba Luna

Estud. Pedro Ever Vásquez Ylquimiche

Estud. Jair Vásquez Ríos

Estud. Rosario Marubí Olano Ramírez

Estud. Mauro Rubén Flores Flores

Administrativo. Tonny Tuesta Pinedo

TARAPOTO - MAYO, 2014.

TÍTULO

“Diseño de un brazo robot hidráulico de desplazamiento automático asistido por computadora”

AUTORES

1. Investigador Responsable:

- Ing. Andy Hirvyn Rucoba Reátegui

2. Investigadores Co-Responsables

- Ing. M.Sc. Jorge Damian Valverde Iparraguirre
- Ing. Buenaventura Ríos Ríos
- Ing. José Enrique Celis Escudero

3. Investigadores Colaboradores:

- Ing. Carlos Armando Ríos López
- Lic. M.Sc. Carlos Rodríguez Grández
- Ing. M.Sc. Horacio Ramírez García
- Ing. Mg. Carlos Enrique López Rodríguez
- Ing. John Clark Santa María Pinedo
- Ing. Pedro Antonio Gonzáles Sánchez
- Estud. Jorge Bryan Rucoba Luna
- Estud. Pedro Ever Vásquez Ylquimiche
- Estud. Jair Vásquez Ríos
- Estud. Rosario Marubí Olano Ramírez
- Estud. Mauro Rubén Flores Flores
- Administrativo. Tonny Tuesta Pinedo

AGRADECIMIENTO

Este trabajo comenzó como un sueño y hoy gracias al apoyo de mucha gente es una realidad, por ello los que hemos participado en la presente investigación, queremos agradecer a nuestros Alumnos, Colegas y Personal Administrativo de la Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática, que de manera directa o indirectamente han colaborado con este proyecto...

El Equipo de Investigación.

ÍNDICE

I. RESUMEN 4

II. ABSTRACT 5

III. INTRODUCCIÓN 6

IV. MATERIALES Y MÉTODOS11

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....15

VI. CONCLUSIONES31

VII. RECOMENDACIONES33

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....34

IX. ANEXOS36

RESUMEN

En la actualidad debido al resurgimiento de la industria en la región San Martín, las empresas hacen denodados esfuerzos por ser cada vez más competitivas, insertando en sus procesos, sistemas automatizados y controlados por computadora, sin embargo los altos costos de implementación, asesoría y consultoría en materia de control de procesos hace que las empresas desistan de invertir en automatización. Frente a esto la Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática de la UNSM-T promueve la investigación en el control de procesos, con el fin de poder atender las necesidades de nuestra región apoyado en la robótica, que es una tecnología, que estudia el diseño y construcción de máquinas capaces de desempeñar tareas realizadas por el hombre o que requieren del uso de la inteligencia artificial. Ante esto, se hace necesario que se plantee un diseño de un brazo robot hidráulico asistido por computadora, acorde a la realidad y necesidad de las empresas de nuestra región, tratando de hacer un diseño eficiente y de bajo costo de fabricación.

Esta investigación obtiene sus fundamentos de diseño en el uso de la tecnología para lograr el desarrollo de proyectos acorde a nuestras necesidades, basándose en el SolidWork como herramienta de diseño y en el LabVIEW como herramienta de programación gráfica, que nos ayuda a escalar desde el diseño hasta las pruebas y desde los sistemas pequeños hasta los grandes sistemas.

Palabras Clave: Brazo robot, hidráulica, Solidwork, LabView

ABSTRACT

“Design of a hydraulic robot arm of auto-scroll computer-aided”

Currently due to the revival of the industry in the San Martin region, companies make many efforts to become more competitive, for which inserted into their processes, automated systems controlled by computers; however, the high costs of implementation, advisory and consultancy in process control, makes companies desist from investing in automation. Therefore, the Faculty of Engineering Systems and Informatic of the UNSM-T, promotes research in process control, with the aim of addressing the needs of our region, supported in the robotics, study the design and construction of machines, and are able to perform tasks that makes the man. Therefore, it is necessary to design a hydraulic robot arm assisted by computer, according to the reality of companies in our region, performing an efficient design, and low cost in manufacturing.

This research bases its design on technology; whereby, development projects are becoming according to our needs, based on SolidWork as a design tool, and in the LabView as a tool graphical programming, helping us to climb from design to testing and from small systems to large systems.

Keywords: Robot arm, hydraulic, Solidwork, LabView.

INTRODUCCIÓN

El trabajo de investigación que a continuación presentamos, es un tema de mucha importancia para nosotros mismos y en especial para aquellas empresas industriales de nuestra región.

Los robots, “desde su aparición en la industria en los años 60 y tras unos comienzos inciertos demostraron su utilidad y eficacia, popularizándose en las fábricas e industrias, en particular en la automovilística, durante las décadas de los 70 y 80” (Molina, 2012, p. 64). Actualmente se ha conseguido mayor diversificación en el uso de los robots, presentándose nuevas oportunidades de investigación para las Universidades; conocedores de esto, la Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática de la Universidad Nacional de San Martín, viene implementando su laboratorio de mecatrónica, permitiendo de este modo que sus alumnos y docentes amplíen su campo de investigación, prueba de ello es la presente investigación. Con este proyecto se pretende acercar más a los alumnos a las nuevas tecnologías y mostrar al sector empresarial e industrial de nuestra región San Martín, que la Facultad de Ingeniería de Sistemas de la UNSM-T, está a la vanguardia de la tecnología y en condiciones de prestar soluciones a los diferentes problemas o necesidades de sus empresas, sobre todo ahora que las empresas hacen denodados esfuerzos por ser cada vez más competitivas, insertando en sus procesos sistemas automatizados y controlados por computadora, pero que debido a los altos costos de implementación, asesoría y consultoría en materia de control de procesos, muchas veces hace que los empresarios desistan de invertir en automatización.

El presente proyecto de investigación tiene como objetivo principal el diseño y la construcción de un brazo robot hidráulico para cumplir una tarea definida asistido por la computadora, el cual demuestra el principio de Pascal; este principio puede comprobar la hipótesis de como el brazo hidráulico levanta un objeto con una masa mayor a él, pero con un mínimo de fuerza emitido por la presión de los fluidos; creando así una aplicación dinámica de fuerzas mediante fluidos. El brazo robot hidráulico es efectivo al mover objetos y

demuestra de forma dinámica la fuerza y presión ejercidas en el principio de pascal.

BLAISE PASCAL

Blaise Pascal (Villar, 2012). Nació el 19 de junio de 1623 en Clermont-Ferrand, Auvernia. Fue un hombre con mente brillante. Su primera hazaña fue demostrar por su iniciativa y sin la sugestión de ningún libro que la suma de los ángulos de un triángulo es igual a dos ángulos rectos. A los 18 años, inventó la primera máquina sumadora de la historia, precursora de las calculadoras. En 1648, empezó a interesarse por la Física y en especial por la Hidrostática, que estudia el equilibrio de los fluidos.

Estudiando las obras de Evangelista Torricelli sobre la presión atmosférica, reprodujo sus experimentos sobre el vacío y verificó sus conclusiones acerca del efecto de la presión atmosférica sobre el equilibrio de los líquidos. Su hermana Gilberte había contraído matrimonio con Florien Périer. Por sugerencia de Pascal, su cuñado realizó el experimento de transportar un barómetro hasta la montaña Puy-de-Dome y observó que la presión que el aire ejercía en la cumbre era menor que la existente al pie de la misma. Más tarde, Pascal repitió el experimento por sí mismo. Estos ensayos facilitaron la invención de barómetros, altímetros y manómetros e hicieron surgir la idea de que era posible ascender en el espacio utilizando globos llenos de aire caliente o gases ligeros. Estudios posteriores lo llevaron a inventar la prensa hidráulica y la jeringa, así como a descubrir la Ley de Pascal "La presión ejercida sobre un líquido se transmite por igual en todas las direcciones." El principio se usa en dispositivos que multiplican una fuerza aplicada y la transmiten a un punto de aplicación, como el gato hidráulico y los frenos hidráulicos.

Murió a la edad de 39 años y en honor a su legado, su nombre fue utilizado para la unidad de presión Pascal es definida como la que ejerce una fuerza de 1 Newton sobre una superficie de 1 metro cuadrado y su símbolo es Pa. En informática, el Pascal es uno de los lenguajes de programación de alto nivel.

ORIGEN DEL BRAZO HIDRÁULICO

En la antigüedad por la necesidad de construir grandes edificaciones crearon una herramienta para levantar y transportar grandes masas que utilizaban para la construcción; esta herramienta era un brazo de madera que giraba sobre un eje para poder levantar y llevar el material de un lugar a otro. En el siglo XVII, en Francia, el matemático y filósofo Blaise Pascal comenzó una investigación referente al principio mediante el cual la presión aplicada a un líquido contenido en un recipiente se transmite con la misma intensidad en todas direcciones (Resnick, 1999, p. 426). Gracias a este principio se pueden obtener fuerzas muy grandes utilizando otras relativamente pequeñas. El brazo hidráulico apareció basándose en el descubrimiento de la prensa hidráulica de Pascal y en la actualidad es utilizado para diferentes objetivos como son: para las construcciones, para el transporte de carga, para la simulación del funcionamiento de las partes del cuerpo humano como dedos, antebrazos, brazos, piernas, etc.

FLUIDOS

Fluidos (Wordpress.com, 2013), Es la parte de la física que estudia la acción de los fluidos en reposo o en movimiento, tanto como sus aplicaciones y mecanismos que se aplican en los fluidos. Es la parte de la mecánica que estudia el comportamiento de los fluidos en equilibrio (Hidrostática) y en movimiento (Hidrodinámica). Esta es una ciencia básica de la Ingeniería la cual tomó sus principios de las Leyes de Newton y estudia la estática, la cinemática y la dinámica de los fluidos.

Se clasifica en:

- Estática: De los líquidos llamada Hidrostática. De los gases llamada Aerostática.
- Cinemática: De los líquidos llamada Hidrodinámica. De los gases llamada Aerodinámica.

PRINCIPIO DE PASCAL

El principio de Pascal o ley de Pascal, es una ley enunciada por el físico y matemático francés Blaise Pascal que se resume en la frase: “el incremento de presión aplicado a una superficie de un fluido incompresible (líquido), contenido en un recipiente indeformable, se transmite con el mismo valor a cada una de las partes del mismo”. Es decir que si en el interior de un líquido se origina una presión, estas se transmiten con igual intensidad en todas direcciones y sentidos. En el sistema internacional, la unidad de presión es 1 Pascal (Pa), que se define como la fuerza ejercida por 1 newton sobre la superficie de 1 metro cuadrado.

DISEÑO ASISTIDO POR COMPUTADORA

El diseño asistido por computadora (Wikipedia.org, 2013), más conocido por sus siglas inglesas CAD (computer-aided design), es el uso de un amplio rango de herramientas computacionales que asisten a ingenieros, arquitectos y diseñadores . El CAD es también utilizado en el marco de procesos de administración del ciclo de vida de productos. También se puede llegar a encontrar denotado con las siglas CADD (computer-aided design and drafting), que significan «dibujo y diseño asistido por computadora».

Estas herramientas se pueden dividir básicamente en programas de dibujo 2D y de modelado 3D. Las herramientas de dibujo en 2D se basan en entidades geométricas vectoriales como puntos, líneas, arcos y polígonos, con las que se puede operar a través de una interfaz gráfica. Los modeladores en 3D añaden superficies y sólidos.

El usuario puede asociar a cada entidad una serie de propiedades como color, capa, estilo de línea, nombre, definición geométrica, material, etc., que permiten manejar la información de forma lógica. Además se pueden renderizar los modelos 3D para obtener una previsualización realista del producto, aunque a menudo se prefiere exportar los modelos a programas especializados en visualización y animación

SOLIDWORKS

Solidwork (Dbpedia.org, 2013). Es un programa de diseño asistido por computadora para modelado mecánico desarrollado en la actualidad por SolidWorks Corp., una subsidiaria de Dassault Systèmes (Suresnes, Francia), para el sistema operativo Microsoft Windows. Es un modelador de sólidos paramétrico.

El programa permite modelar piezas y conjuntos y extraer de ellos tanto planos técnicos como otro tipo de información necesaria para la producción. Es un programa que funciona con base en las nuevas técnicas de modelado con sistemas CAD. El proceso consiste en trasvasar la idea mental del diseñador al sistema CAD, "construyendo virtualmente" la pieza o conjunto. Posteriormente todas las extracciones (planos y ficheros de intercambio) se realizan de manera bastante automatizada.

LABVIEW

Labview (Stulogy.com, 2013). Es una plataforma de programación gráfica que ayuda a escalar desde el diseño hasta pruebas y desde sistemas pequeños hasta grandes sistemas. Ofrece integración sin precedentes con software legado existente, IP y hardware al aprovechar las últimas tecnologías de cómputo. LabVIEW ofrece herramientas para resolver los problemas de hoy en día y la capacidad para la futura innovación, más rápido y de manera más eficiente.

MICROCONTROLADORES

Un microcontrolador (Academia.edu, 2013). Es un circuito integrado programable, capaz de ejecutar las órdenes grabadas en su memoria. Está compuesto de varios bloques funcionales, los cuales cumplen una tarea específica. Un microcontrolador incluye en su interior las tres principales unidades funcionales de una computadora: unidad central de procesamiento, memoria y periféricos de entrada/salida.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales

Para el desarrollo del presente proyecto de investigación se utilizó los siguientes materiales:

Una (01) Unidad hidráulica con motor de 2HP con bomba de 2.5. 6 PM. La unidad hidráulica que se muestra en la figura 1 posee un filtro de succión, tapa de llenado visor de nivel regulador de presión con su manómetro y su tanque de hidrolina.

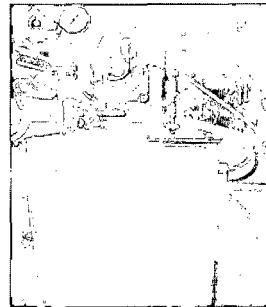


Figura 1: Unidad Hidráulica

Un (01) Manifold de 6 válvulas

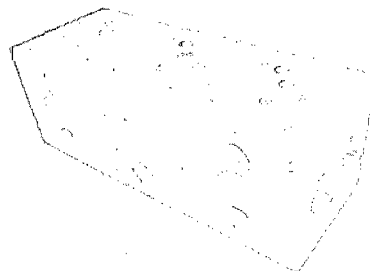


Figura 2: Manifold

Seis (06) válvulas hidráulicas. En la figura 3 se muestra una válvula hidráulica también conocida como electroválvula de doble bobina de 24 Voltios.

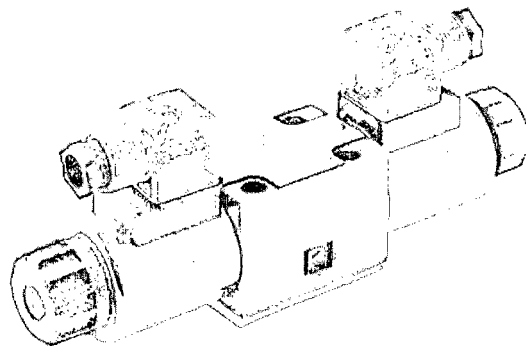


Figura 3: Válvula Hidráulica

Cinco (05) Cilindros Hidráulicos.
El cilindro de la figura 4 que fue usado en el proyecto también es conocido como pistón hidráulico de 50mm de diámetro y con cilindro por carrera de 100 mm.

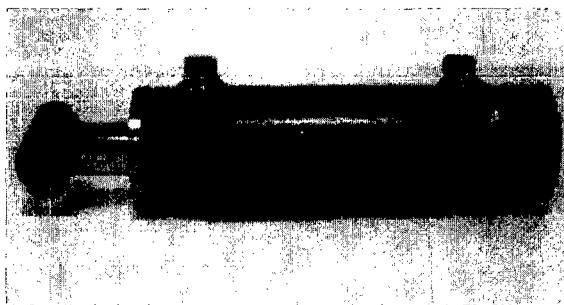


Figura 4: Cilindro Hidráulico

Dos (02) Motores Hidráulicos de 2HP cada uno.

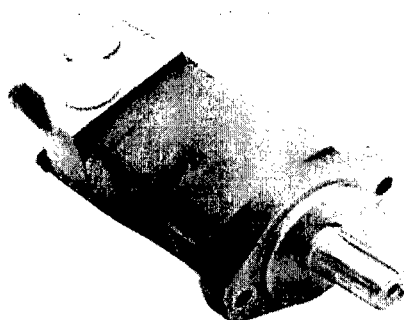


Figura 5: Motor Hidráulico 2 HP

Caja eléctrica y accesorios de acople electromecánico. En la figura 6 se muestra la caja de control que convierte la corriente alterna en corriente continua.

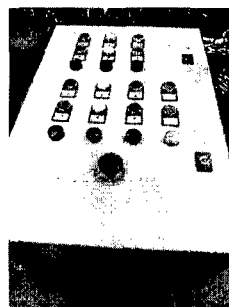


Figura 6: Caja Eléctrica

Sistema de transmisión de datos.
En la figura 7 se muestra uno de los Módulos de Transmisión inalámbrica de la familia XbeePro.

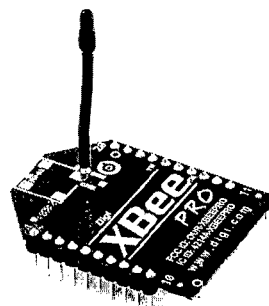


Figura 7: Modulo de Transmisión Inalámbrica XbeePro

Set de circuitos electrónicos. El cual estuvo constituido por el Microcontrolador PIC 18F97J60 tal como se muestra en la figura 8.

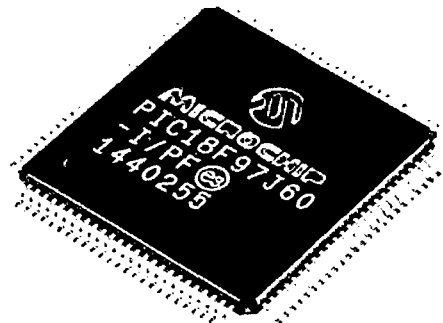


Figura 8: Microcontrolador PIC18F97J60

Hidrolina (4 galones).

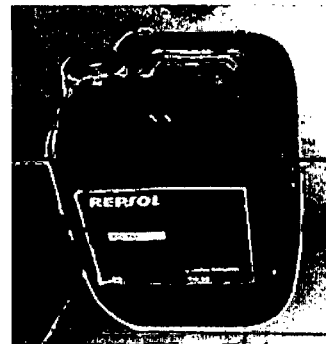


Figura 9: Hidrolina

Mangueras Hidráulicas. En la figura 10 se muestra las mangueras las cuales deben adaptarse con los conectores hidráulicos que se muestran en la figura 11.

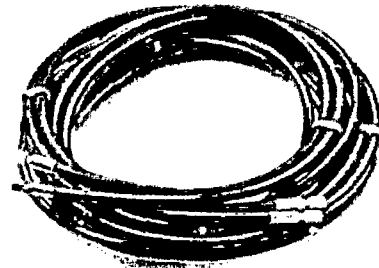


Figura 10: Manguera Hidráulica

Accesorios Hidráulicos

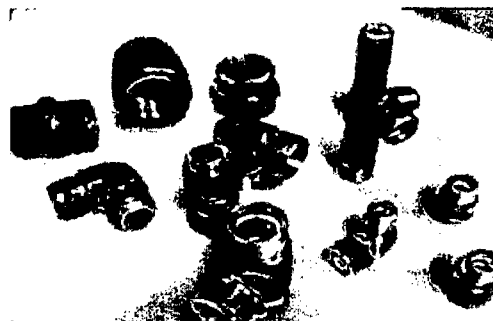


Figura 11: Accesorios Hidráulicos

Estructura metálica para diseño de robot, consta de una mesa rectangular de fierro de plancha de $1/8 \times 0,80 \text{ m.} \times 1.20 \text{ m.}$ Prototipo de brazo humanoide con planchas de $3/8 \times 100$ con plancha de $3/16 \times 10$, rectangulares de 2 y $2 \frac{1}{2}$ y 4 garruchas. Incluye pintado y acabados.



Figura 12: Estructura Metálica

Método

La construcción del brazo robot hidráulico de desplazamiento automático asistido por computadora se fundamentó en la robótica que es un área interdisciplinaria formada por la ingeniería mecánica, la electrónica y la informática. La mecánica comprende tres aspectos: diseño mecánico de la máquina, análisis estático y análisis dinámico. La electrónica permite al brazo robot transmitir la información que se le entrega, coordinando impulsos eléctricos que hacen que el brazo robot realice movimientos requeridos por la tarea. La informática provee de los programas necesarios para lograr la coordinación mecánica requerida en los movimientos del robot y dar un cierto grado de inteligencia a la máquina, es decir adaptabilidad, autonomía y capacidad interpretativa y correctiva.

Por otro lado la flexibilidad en la aplicación del brazo robot hidráulico y su utilidad van a depender en gran parte de las características de su sistema de programación, teniendo en cuenta que actualmente no existe normalización en relación a los procedimientos de programación de robots, ya que cada fabricante desarrolla su propio método particular, el cual es válido solamente para sus propios robots. Sin embargo, algunos de ellos han servido de modelo para el desarrollo de otros.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Brazo Robot Hidráulico ha sido diseñado para realizar diversos tipos de movimiento a fin de trasladar un objeto macizo de 50 kilos de peso de un lugar a otro dentro de la esfera de influencia del robot.

Los movimientos que realiza el Brazo mecánico son de tres grados de libertad: Barrido del Brazo, giro del hombro y extensión del codo. Con los tres movimientos se cubre la esfera de influencia del robot que abarca un radio de 1600 milímetros.

El Barrido del Brazo tiene un ángulo de giro horizontal de 180° , con lo que es posible desplazar un objeto desde un ángulo inicial de 0° hasta los 180° totalmente extendido, ejecutando un desplazamiento circular pero que en línea recta equivale a un desplazamiento de 3200 mm.

El Giro del Hombro a su vez tiene un ángulo de giro vertical de 90° , es decir, partiendo del nivel horizontal de la mesa que sostiene al robot (0°) hasta ubicar al brazo en posición vertical (90°); con este movimiento es posible levantar un objeto móvil desde un nivel bajo hasta los 800 mm sobre la superficie horizontal.

La Extensión del Codo tiene un ángulo de giro de 120° teniendo como referencia el eje del brazo que se conecta a la Base sobre el que se desarrolla el barrido del brazo; esto permite acercar y extender el objeto móvil desde la Base hasta los 1600 mm en línea recta, determinando el alcance de la extensión.

El Brazo y la Muñeca del Robot Hidráulico tienen un mismo ángulo de giro, es decir, giran en torno al mismo eje, como si fueran una sola pieza. El Brazo es el mecanismo de posicionamiento y la Muñeca es el mecanismo de orientación.

Generalmente, la Muñeca consta de tres movimientos giratorios, sin embargo, en el Brazo Robot Hidráulico que se presenta sólo consta de uno, el de Giro,

que abarca un ángulo de 90° , es decir, aquel que desplaza la posición del Gripper o Efecto Final (Tenaza) desde una posición horizontal a otra vertical.

En suma, el Brazo Robot Hidráulico cuenta con cuatro grados de libertad: Tres para el Brazo propiamente dicho y uno para el Efecto Final; con los cuales se alcanza el objeto deseado de desplazar un objeto móvil dentro de área de influencia del robot, con un ángulo de giro del brazo del 180° , que en términos lineales corresponde a un desplazamiento de 3200 mm.

El Gripper o Efecto Final tiene en su extremo a una Tenaza, construido de material metálico, que posee la función de atenuar u agarrar un objeto macizo móvil a fin de poderlo levantar, girar y desplazar de un lugar a otro dentro del área de influencia del robot; movimiento que debe realizar suavemente a fin de no generar inestabilidad en el sistema robot, lo cual se logra a través del control del mecanismo hidráulico implementado.

El robot se suministra con 4 grados de libertad más la pinza. El sistema se controla mediante un bloque de cinco electroválvulas de 24 voltios que pueden ser controladas por salidas analógicas $\pm 5\text{VDC}$.

Dispone de un sistema de bloqueo automático de los cilindros hidráulicos que le permiten mantener su posición cargado y con el sistema de control y potencia desconectado.

La configuración básica es la más adecuada para aplicaciones de teleoperación y no incorpora realimentación alguna de las articulaciones.

Transmisión de Potencia en los Pistones:

Pistones (Galeon.com, 2013). En todas las aplicaciones en que se emplea, el pistón recibe o transmite fuerzas en forma de presión de a un líquido o de a un gas.

La transmisión de potencia que se muestra en la figura 13 se entiende como que una fuerza mecánica, trabajo o potencia es aplicada en el pistón A. La presión interna desarrollada en el fluido por su la densidad ejerciendo una

fuerza de empuje en el pistón B. Según la ley de Pascal la presión desarrollada en el fluido es igual en todos los puntos por lo que la fuerza desarrollada en el pistón B es igual a la fuerza ejercida en el fluido por el pistón A, asumiendo que los diámetros de A y B son iguales y sin importar el ancho o largo de la distancia entre los pistones, es decir por donde transitará el fluido desde el pistón A hasta llegar al pistón B. El movimiento vertical consiste en desplazar arriba o abajo nuestro centro de masas mediante una extensión o una flexión de las articulaciones.

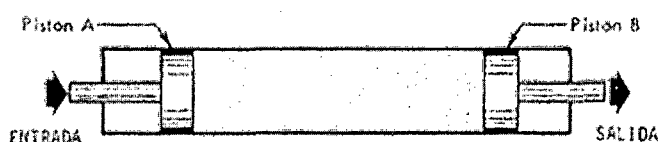


Figura 13: Transmisión de Potencia de Pistones

Fuente: Recuperado de <http://trabajofisica.galeon.com/pagina4.html>

Movimientos del brazo robot hidráulico

Movimientos de Brazo Hidráulico (Galeon.com, 2013). El movimiento vertical consiste en desplazar arriba o abajo nuestro centro de masas mediante una extensión o una flexión de las articulaciones.

El movimiento rotatorio es el que se basa en un eje de giro y radio constante: la trayectoria será una circunferencia. Si, además, la velocidad de giro es constante, se produce el movimiento circular uniforme, que es un caso particular de movimiento circular, con radio fijo y velocidad angular constante.

En el movimiento circular hay que tener en cuenta algunos conceptos específicos para este tipo de movimiento:

- ❖ Eje de giro: es la línea alrededor de la cual se realiza la rotación, este eje puede permanecer fijo o variar con el tiempo, pero para cada instante de tiempo, es el eje de la rotación.

- ❖ Arco: partiendo de un eje de giro, es el ángulo o arco de radio unitario con el que se mide el desplazamiento angular. Su unidad es el radián.
- ❖ Velocidad angular: es la variación de desplazamiento angular por unidad de tiempo.
- ❖ Aceleración angular: es la variación de la velocidad angular por unidad de tiempo.
- ❖ En dinámica del movimiento giratorio se tienen en cuenta además:
- ❖ Momento de inercia: es una cualidad de los cuerpos que resulta de multiplicar una porción de masa por la distancia que la separa al eje de giro.
- ❖ Momento de fuerza: o par motor es la fuerza aplicada por la distancia al eje de giro.

DISEÑO DEL BRAZO ROBOT HIDRÁULICO

Para la construcción del brazo robot se utilizó la ayuda de un profesional técnico en mecánica de producción quien ensambló los componentes a través de soldadura eléctrica, tal como se muestra en la figura 14 y las partes que simulan al brazo está construido de tubo galvanizado.

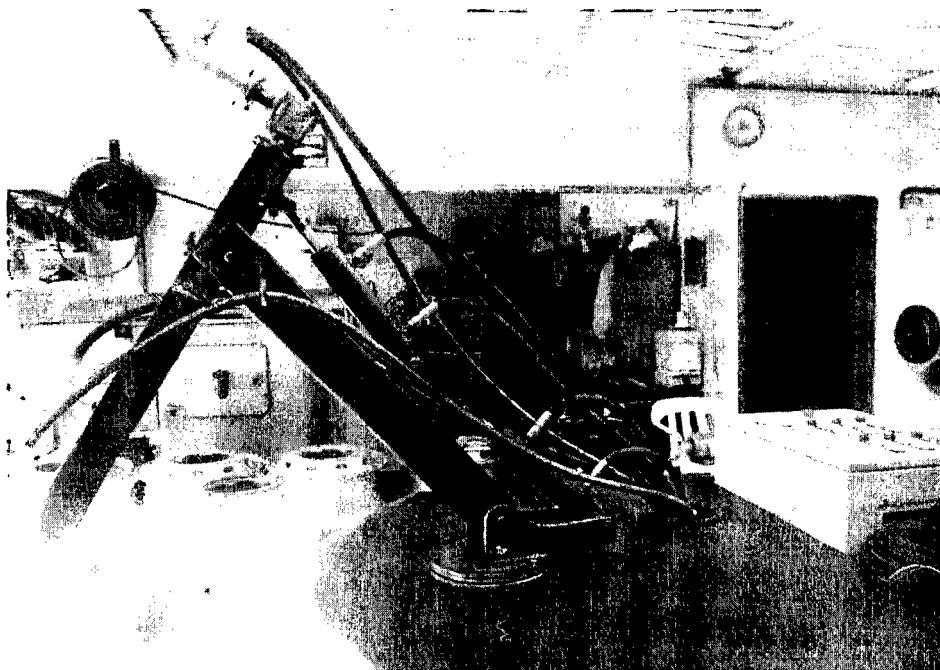


Figura 14: Vista lateral del ensamblado mesa – brazo hidráulico

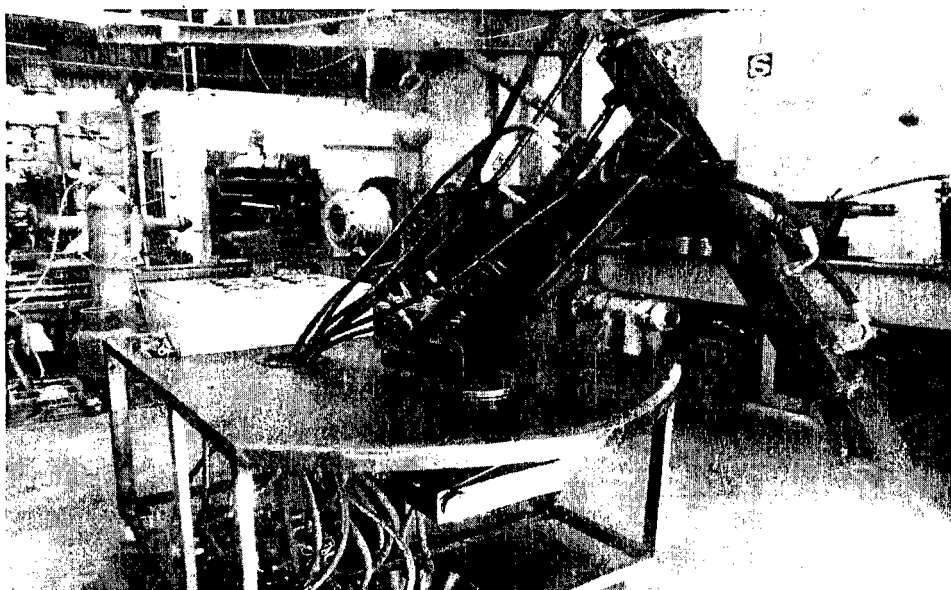


Figura 15: Vista frontal del ensamblado mesa – brazo hidráulico

DISEÑO DEL BRAZO ROBOT EN SOLIDWORK

Con el uso del CAD Solidwork se construyó las partes del brazo robot tal como se muestra en las figuras 16, 17 y 18.

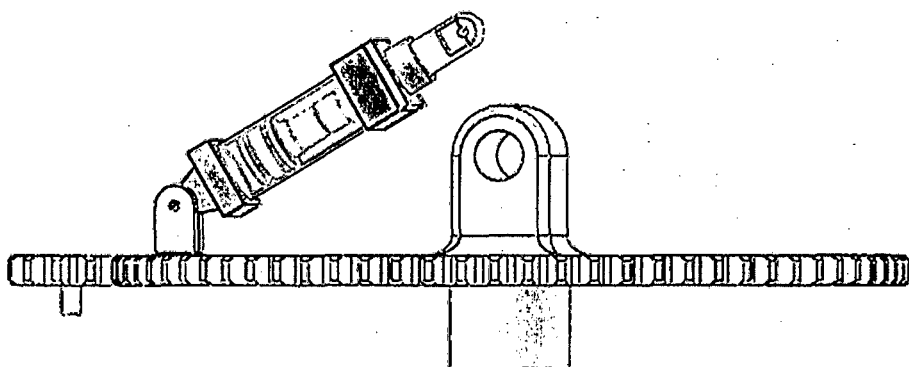


Figura 16: Diseño de la base circular

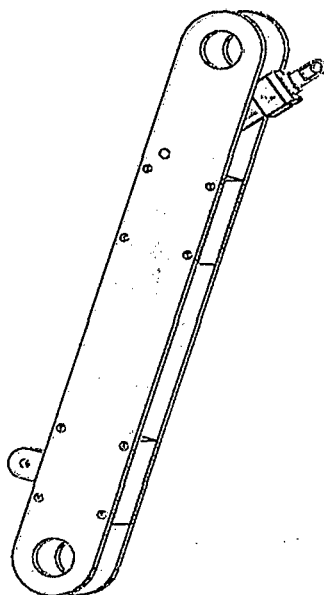


Figura 17: Diseño del brazo

Primero se diseñó la parte de la base, el brazo, para poder hacer las pruebas de rotaciones y de cómo reaccionaban según las diferentes posiciones.

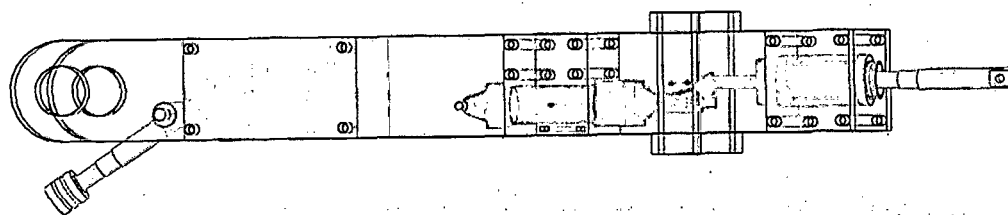


Figura 18: Diseño del Antebrazo

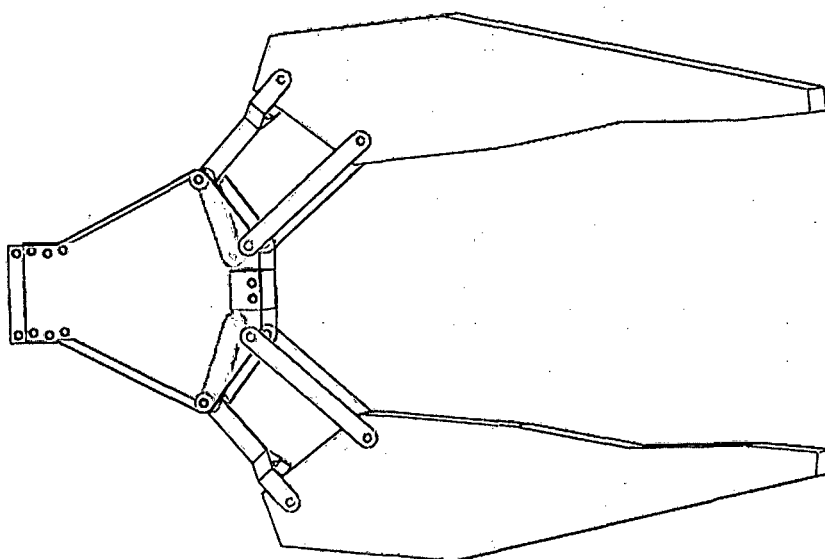


Figura 19: Diseño de la Mano

Posteriormente se diseñó el antebrazo y la mano, para que con esto se supiera, cuanto de resistencia podía tener al levantar un peso dado, además de saber cuál sería la ubicación adecuada de los pistones.

En cuanto a la mano de la figura 19, se podría saber cómo situar los engranajes de tal forma saber cuánto de presión podrían realizar estas.

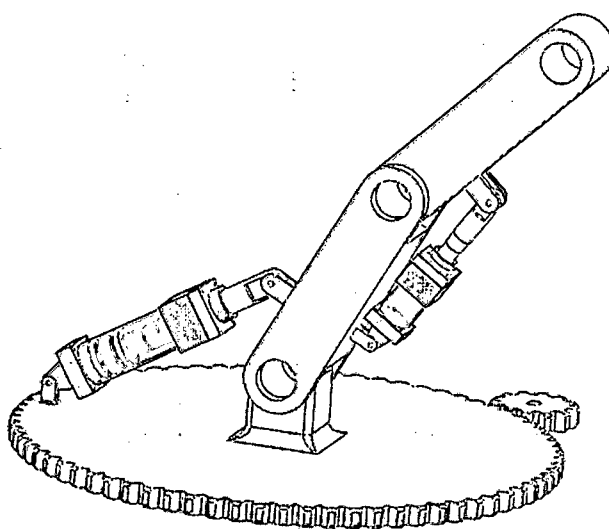
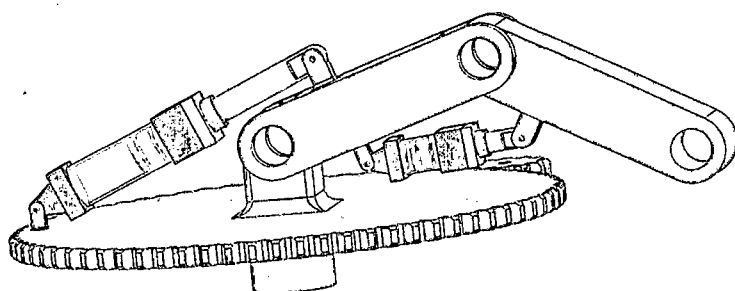
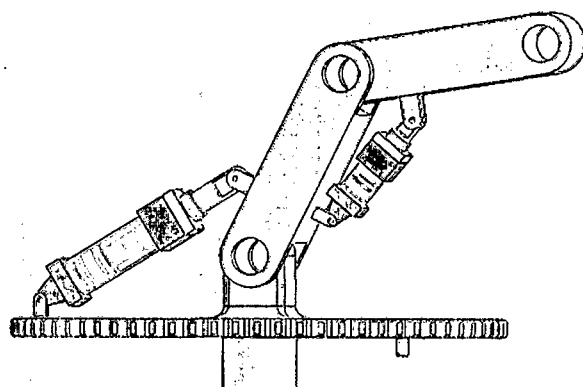


Figura 20: Ensamblado con Movimientos

En la figura 20 se muestra ensamblada todas las partes del brazo y se muestra una simulación de los movimientos en conjunto sin la mano.

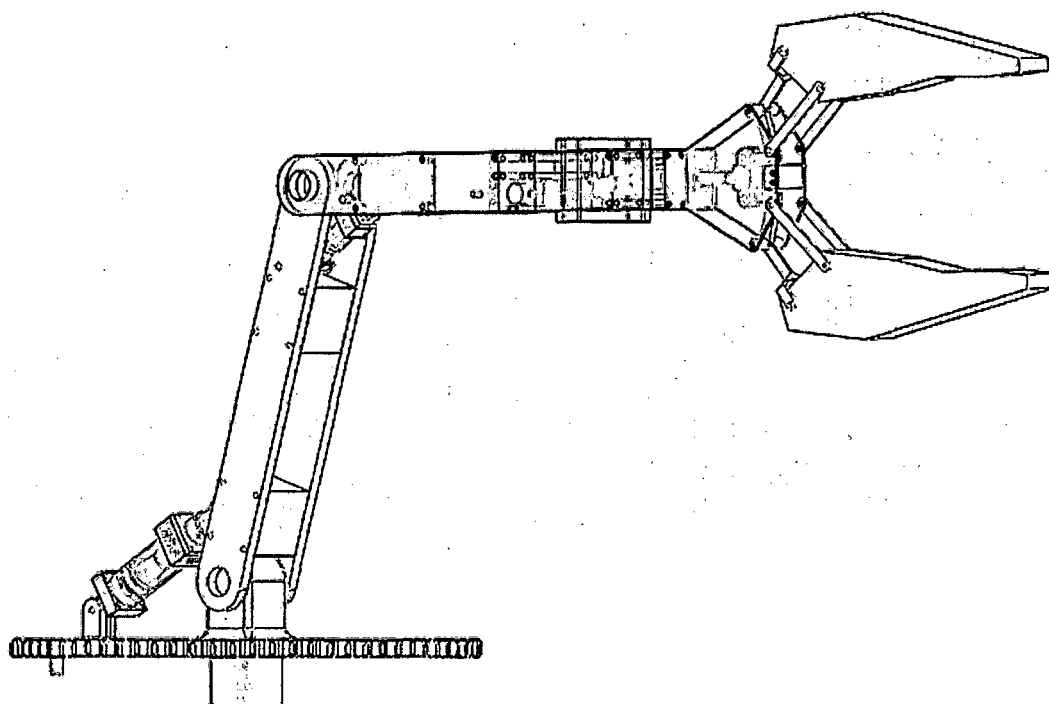


Figura 21: Ensamblado Final

Finalmente, la figura 21 muestra el ensamblado final conteniendo la mano, es importante recalcar que la presión de la mano es controlada con pistones.

INTERFAZ DE CONTROL EN LABVIEW

En el Labview utilizando un archivo de extensión .vi, se simuló el control de los equipos eléctricos, en la figura 22 se muestra el panel de control con los componentes que controlan a cada una de las electroválvulas y en la figura 23 se muestra el diagrama de bloques del circuito eléctrico.

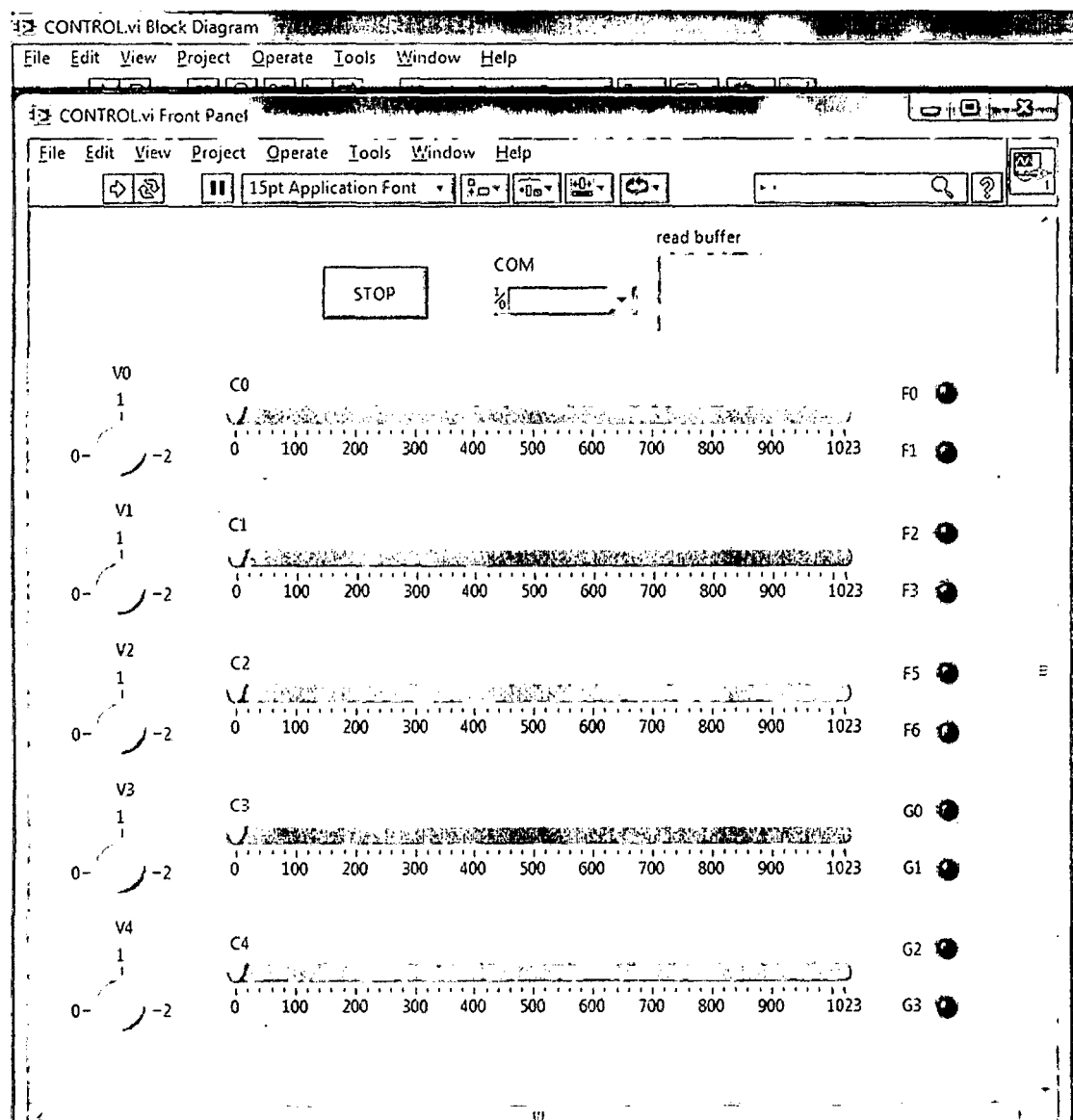


Figura 22: Interfaz de Control, Panel Delantero

CÓDIGO DE CONTROL EN LABVIEW

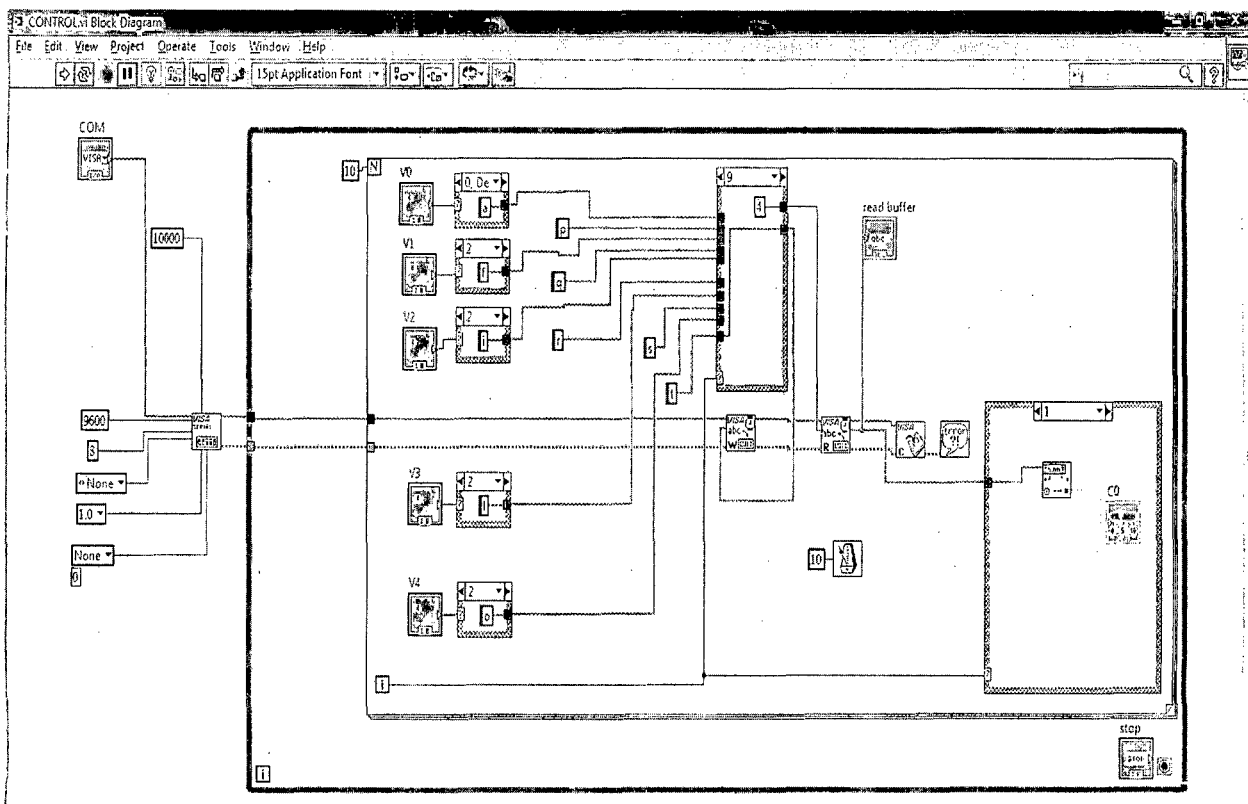


Figura 23: Interfaz de Control, Diagrama en Bloques

CODIFICACIÓN EN LENGUAJE C DEL PROGRAMA

Para el control automatizado se usó el lenguaje de alto nivel C++ que permite compilar y ejecutar el programa, el cual después de generarse el ejecutable fue grabado en el microcontrolador PIC 18F97J60. A continuación se muestra el código fuente del programa:

```
#include <18f97j60.h>
#define ADC = 10
#define fuses HS, NOWDT
#define use delay(clock = 25M)
#define use rs232(baud=9600, xmit=pin_C6, rcv=pin_c7, bits=8, parity=N)
#include "flex_lcd.c"
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
//Variables globales
char c; long t;
//SERVICIO DE INTERRUPCIÓN POR RS232
#define INT_RDA
void rda_isr()
{
    c = getchar(); //Espera dato del puerto serial
    //Valvula V0
    if (c=='a') {
        output_low(PIN_B0);
        output_low(PIN_B1);
        putc(c);
    }
    if (c=='b') {
        output_high(PIN_B0);
        output_low(PIN_B1);
        putc(c);
    }
}
```

```
if (c=='c') {
    output_low(PIN_B0);
    output_high(PIN_B1);
    putc(c);
}

//Valvula V1
if (c=='d') {
    output_low(PIN_B2);
    output_low(PIN_B3);
    putc(c);
}

if (c=='e') {
    output_high(PIN_B2);
    output_low(PIN_B3);
    putc(c);
}

if (c=='f') {
    output_low(PIN_B2);
    output_high(PIN_B3);
    putc(c);
}

//Valvula V2
if (c=='g') {
    output_low(PIN_B4);
    output_low(PIN_B5);
    putc(c);
}

if (c=='h') {
    output_high(PIN_B4);
    output_low(PIN_B5);
    putc(c);
}

if (c=='i') {
```

```

        output_low(PIN_B4);
        output_high(PIN_B5);
        putc(c);
    }
//Valvula V3
if (c=='j') {
    output_low(PIN_F0);
    output_low(PIN_F1);
    putc(c);
}
if (c=='k') {
    output_high(PIN_F0);
    output_low(PIN_F1);
    putc(c);
}
if (c=='l') {
    output_low(PIN_F0);
    output_high(PIN_F1);
    putc(c);
}
//Valvula V4
if (c=='m') {
    output_low(PIN_F2);
    output_low(PIN_F3);
    putc(c);
}
if (c=='n') {
    output_high(PIN_F2);
    output_low(PIN_F3);
    putc(c);
}
if (c=='o') {
    output_low(PIN_F2);

```

```

        output_high(PIN_F3);
        putc(c);
    }

    /*******
    /***Lectura de canales analógicos**
    /*******

    if (c=='p') { // seleccionamos canal RA0
        set_adc_channel(0);
        t=read_adc();
        printf("%4lu ", t);
    }

    if (c=='q') { // seleccionamos canal RA1
        set_adc_channel(1);
        t=read_adc();
        printf("%4lu ", t);
    }

    if (c=='r') { // seleccionamos canal RA2
        set_adc_channel(2);
        t=read_adc();
        printf("%4lu ", t);
    }

    if (c=='s') { // seleccionamos canal RA3
        set_adc_channel(3);
        t=read_adc();
        printf("%4lu ", t);
    }

    if (c=='t') { // seleccionamos canal RA4
        set_adc_channel(4);
        t=read_adc();
        printf("%4lu ", t);
    }

}

```

```

void config_inicial()
{
    enable_interrupts(INT_RDA);    //Habilita interrupción por recepción RS232
    enable_interrupts(GLOBAL);    //Habilita interrupcion global
    set_tris_b(0x0); //configuracion puerto B de salida
    set_tris_f(0x0); //configuracion puerto e de salida
    output_b(0);
    output_f(0);
    setup_adc_ports(ALL_ANALOG);    // todos los canales analogicos
    habilitados
    setup_adc(ADC_CLOCK_INTERNAL); // declaramos que el reloj del adc
    sera
    lcd_init(); //iniciar lcd
    lcd_gotoxy(1,1);
    printf(lcd_putc," UNSM - FISI");
    lcd_gotoxy(1,2);
    printf(lcd_putc," BRAZO DE ROBOT");
}
void main(){
    config_inicial();
    while (TRUE){ //putc('X'); delay_ms(1000);
        }
}

```


CONCLUSIONES

1. EL Brazo Robot Hidráulico consta de cuatro (4) grados de libertad, tres en el Brazo Mecánico y uno en la Muñeca.
2. Los grados de libertad en el Brazo Mecánico son: Barrido del Brazo (180°), Giro del Hombro (90°) y Extensión del Codo (120°); con los cuales es posible realizar un barrido sobre el área de influencia del robot.
3. El grado de libertad de la Muñeca es de Giro (roll), el mismo que está asociado al giro del brazo que se conecta a la Muñeca; este mecanismo nos permite girar el Efecto Final (Gripper), que contiene a la Tenaza, con un ángulo de 90° , es decir, permite cambiar la Tenaza de una posición vertical a otra horizontal y viceversa.
4. El sistema de presión hidráulica, haciendo uso de hidrolina, aplicado al Brazo Robot Hidráulico es óptimo para la suspensión, giro y el desplazamiento de objetos sólidos macizos de hasta 50 kilogramos.
5. El programa de diseño asistido por computadora SOLIDWORK es una herramienta adecuada para el diseño mecánico del Brazo Robot Hidráulico, pues, permite visualizar en forma tridimensional el arreglo de piezas necesarias para la construcción del Brazo.
6. La interfaz y el código de control LABVIEW es una plataforma versátil para el diseño y simulación del Sistema de Control aplicado al Brazo Robot Hidráulico.
7. El Microcontrolador PIC 18F97J60 es un dispositivo hardware que contiene el suficiente potencial para controlar el movimiento del Brazo Robot Hidráulico, con un lenguaje de programación codificado en Lenguaje C.

8. El uso del Módulo de Transmisión inalámbrico XBee PRO permite al Brazo Robot Hidráulico mayor independencia para la ejecución de los movimientos giratorios del Robot al prescindir del uso de cables.
9. El diseño e implementación del Brazo Robot Hidráulico se ha realizado con tecnología existente en la Región San Martín, toda vez que, muchas de las piezas utilizadas, como los pistones, se han fabricado exclusivamente para el Proyecto.
10. Finalmente, el Brazo Robot Hidráulico, con sus cuatro (4) grados de libertad, es capaz de desplazar un objeto sólido macizo de 50 kilogramos en 180° grados de ángulo de giro y 3200 mm en forma lineal, con movimientos giratorios suaves, a través de un sistema controlado por microprocesador PIC 18F97J60, con versatilidad y eficiencia.

RECOMENDACIONES

1. Con los resultados obtenidos en esta investigación, es importante mencionar que su continuidad en futuros proyectos garantizara poder tener un prototipo mucho más elaborado y completo, considerando poder implementar sensores en las tenazas y así poder coger cosas más delicadas.
2. El hacer participar alumnos en este proyecto de investigación los ha permitido que ellos amplíen más sus conocimientos en el campo de la robótica y materializar la parte teórica recibida en clase, por tal motivo es importante que se motive más a ellos para que desarrollen investigaciones nuevas a partir de esta.
3. Que este proyecto de investigación se promocióne más por parte de la universidad y que la comunidad universitaria en general vea el trabajo realizado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACADEMIA. (2013). *Grabación de Microcontroladores PIC*. Recuperado de http://www.academia.edu/Documents/in/Microcontroladores_PIC
- ASTROM, H. (2008). *"PID Controllers, Theory, Design and Tuning"*. Instrument Society of America. EE.UU.: Editorial ISA
- AGUIRRE, J.; SANDOVAL, F. (2010). *Introducción a la Robótica*. México: Editorial McGraw-Hill/Interamericana Editores S.A. de CV.
- BARRIENTOS, Antonio. (2007). *"Fundamentos de Robótica"*. Madrid-España: McGraw-Hill / Interamericana.
- CRAIG, J. J. (2009). *"Robótica"*, 3era Ed. España: Pearson Educación
- DBPEDIA. (2013). *About: Solidwork*. Recuperado de <http://es.dbpedia.org/page/SolidWorks>
- DRAUGHTON N. (1993). *"Robotic ultrahigh pressure waterjet cutting"*. Inglaterra. Robotic for Competitive Industries Mechanical Engineering Publications Limited.
- FU K.S.; GONZALES R.C.; LEE C.S.G. (1988). *Robótica: Control, Detección, Visión e Inteligencia*. Madrid: Editorial McGraw - Hill
- GALEON. (2013). *Pistones, Transmisión de Potencia*. Recuperado de <http://trabajofisica.galeon.com/pagina4.html>
- GALEON. (2013). *Movimientos de Brazo Hidraulico*. Recuperado de <http://trabajofisica.galeon.com/pagina6.html>
- GÓMEZ, S.. (2008). *El gran libro de solidworks*. México. Editorial Marcombo, Alfaomega.
- MOLINA, A.; PONCE, P. (2012). *Fundamentos de LabView*. México. Editorial Alfaomega.
- MOLINA TUFÍÑO, E. (2012). *Estudio, diseño e implementación de un sistema robótico para el ruteo de cables en ductos y cielo falso, utilizado en cableado estructurado horizontal. (tesis inédita)*. Facultad de Electrónica y comunicaciones: Universidad Israel. Ecuador.
- RESNICK, R.; HALLIDAY, D.; KRANE, K. S (1993). *Física vol. 1. Título original (en inglés): Physics, Vol. 1*; traducido por F. Andión Uz. Compañía Editorial Continental; publicado originalmente por John Wiley & Sons Inc. ISBN 968-26-1230-6.

REYES, F. (2011). *Robótica, Control de Robots Manipuladores*. México. Editorial Alfaomega.

REYES, F. (2012). *MATLAB: Aplicado a Robótica y Mecatrónica*. México. Editorial Alfaomega.

STULOGY. (2013). *Labview*. Recuperado de <http://www.stulogy.com/ni-labview-student-edition.html>

VILLAR, A. (2012). *ed. Obra completa. Biblioteca de Grandes Pensadores*. Madrid: Editorial Gredos. ISBN 978-84-249-2458-4.

WIKIPEDIA. (2013). *Diseño Asistido por Computadora*. Recuperado de https://es.wikipedia.org/wiki/Dise%C3%B1o_asistido_por_computadora

WILEY, J. (2008). *"Process Dynamics and Control. Seborg"*. EE.UU: Editorial John Wiley & Sons

WORDPRESS. (2013). *Fluidos*. Recuperado de <https://julianapinzon.wordpress.com/fluidos/>

ANEXOS

ANEXO A:

DIFUSIÓN DEL PROYECTO

Para la difusión del Proyecto “Diseño de un brazo robot hidráulico asistido por computadora”, se ha diseñado una página web y se ha alquilado el servicio de alojamiento por el periodo de un año, con la finalidad de dar a conocer las el diseño, la utilidad y las ventajas que trae el proyecto para la comunidad en general pero en especial para los alumnos de la facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática y sobretodo de los empresarios de la región San Martín.

La publicación se ha hecho en el siguiente dominio:

<http://robot-fisi.unsm.edu.pe/>

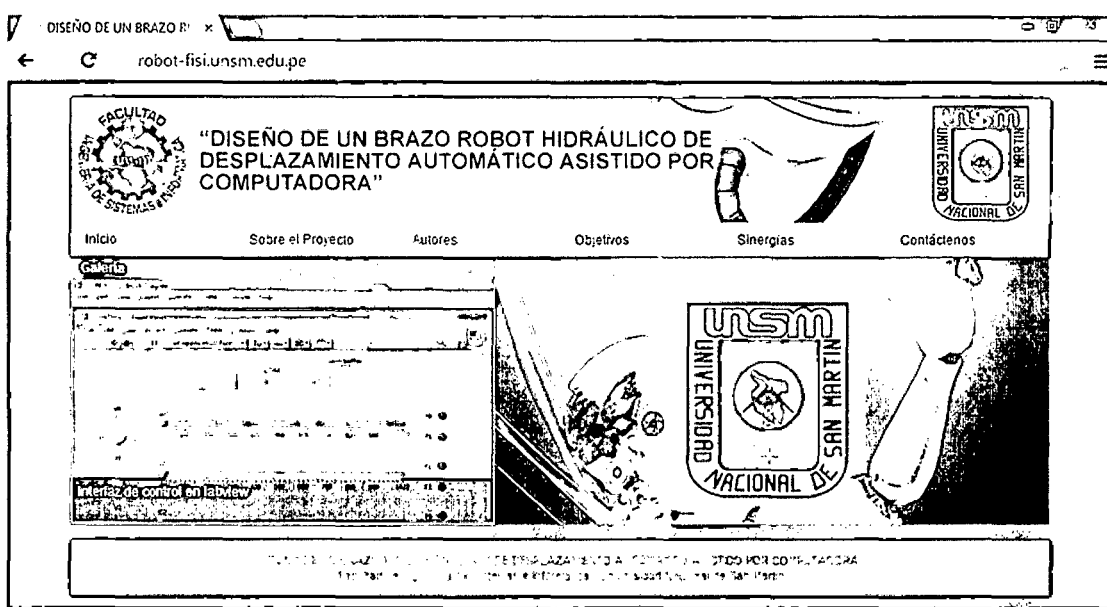


Figura 24: Interfaz Web de Difusión-Galerías

Asimismo el control, la administración y la configuración de la página web, se hace a través del siguiente enlace:

<http://robot-fisi.unsm.edu.pe/admin>

Usuario: xxxxxx

Password: *****

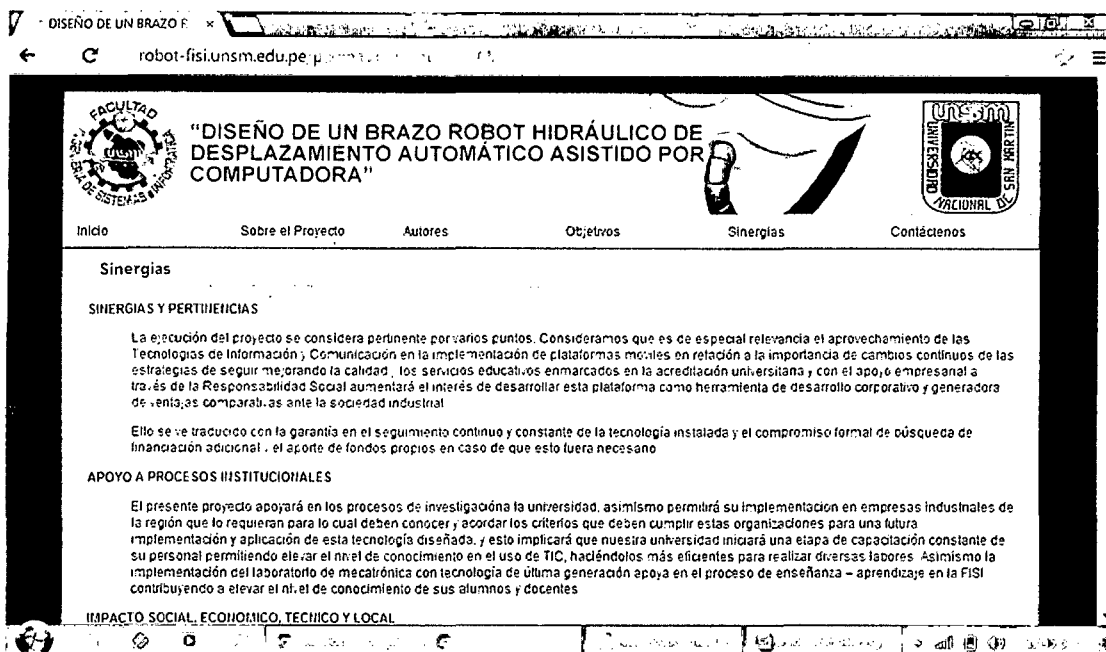


Figura 25: Interfaz Web de Difusión-Sinergias

Asimismo con la finalidad de poder recibir sugerencias o poder intercambiar información sobre el proyecto se ha diseñado un formulario de contacto en la web:

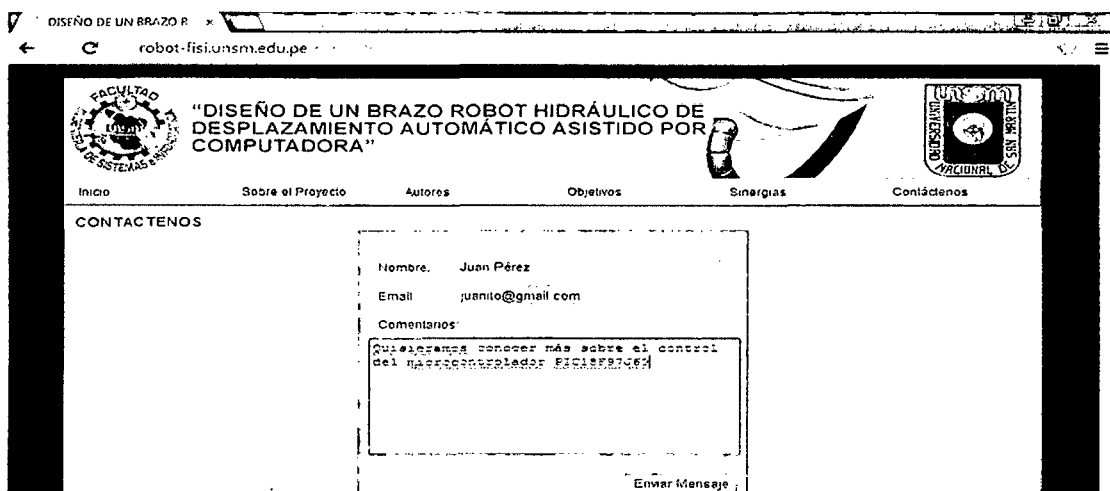


Figura 26: Interfaz Web de Difusión-Contáctenos

ANEXO B:

Configuración utilizada para el XBeePro

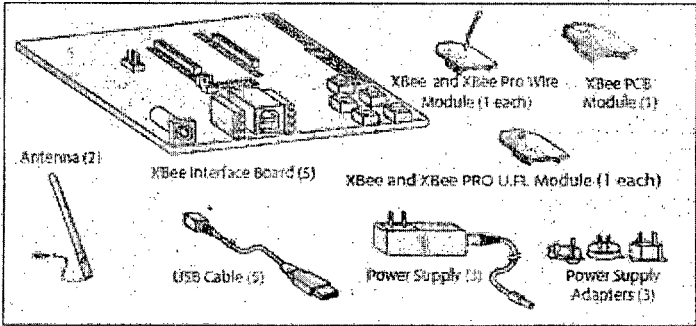


Figura 27: Kit de Componentes XBeePro

Interconexión Punto a Múltiples Puntos del XbeePro

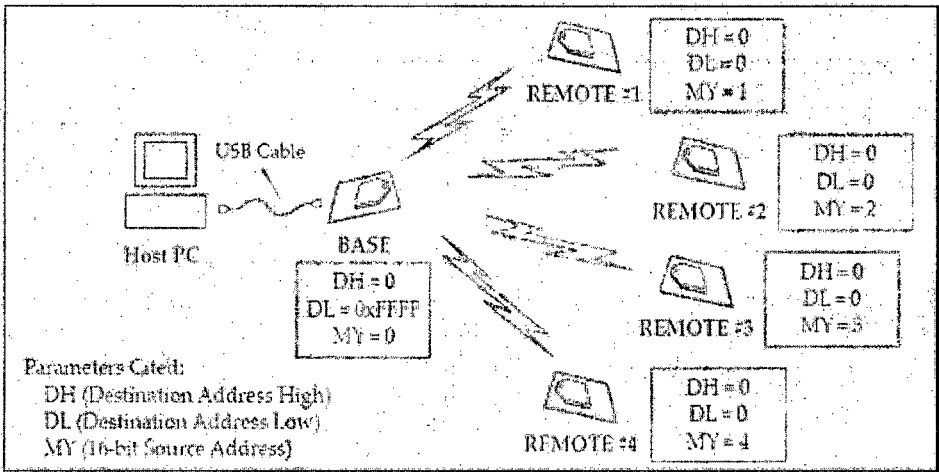


Figura 28: Diseño de Conexión a diferentes XBeePro

Módulo de Configuración Remota del XBeePro

El XBPRO también se puede configurar "por aire" con la X-CTU. Con el propósito de utilizar esta función, el dispositivo de base debe estar configurado para el modo API.

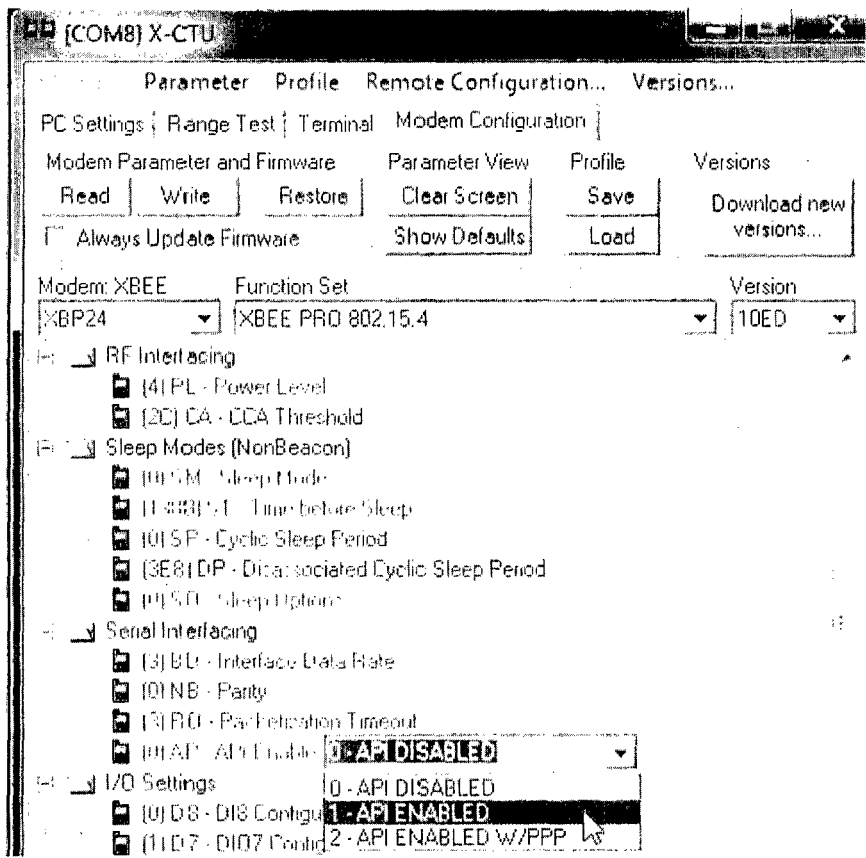


Figura 29: Configuración en modo Inalámbrica del Microcontrolador XBeePro

Nota: Para los parámetros configurados de los módulos remotos, establezca AP = 1 en el módulo base.

ANEXO C:

El Microcontrolador PIC18F97J60

Características del Ethernet:

- IEEE 802.3 Ethernet Controller compatible
- MAC integrada y 10Base-T PHY
- 8 Kbytes de transmisión / recepción de paquetes Buffer SRAM
- Soporta un puerto 10Base-T con Polaridad Automática

Detección y corrección

- Programable retransmisión automática de colisión
- Programable Relleno y CRC Generación
- Programable rechazo automático de Errónea paquetes
- Salidas de actividad para 2 Indicadores LED
- Buffer:
 - Transmisión Configurable / recibir tamaño del búfer
 - Hardware gestionados circular FIFO de recepción
 - Acceso aleatorio y secuencial a nivel de byte
 - DMA interna para la copia de memoria rápida
 - Hardware asistida cálculo de suma de comprobación para diversos protocolos
- MAC:
 - Soporte para Unicast, Multicast y Broadcast
 - Partido Patrón programable de hasta 64 bytes dentro de paquetes en el desplazamiento definido por el usuario
 - Programable de atención sobre varios paquetes formatos

Estructura Oscilador Flexible:

- Selección de reloj de sistema derivado de un solo 25 MHz fuente externa:
 - 2,78 a 41,67 MHz
- Interna oscilador 31 kHz
- Oscilador Secundario usando Timer1 @ 32 kHz
- Prueba de Fallos del monitor del reloj:
 - Permite la desconexión segura si paradas oscilador

- Dos velocidades oscilador de puesta en marcha

DIAGRAMA DEL MICROCONTROLADOR

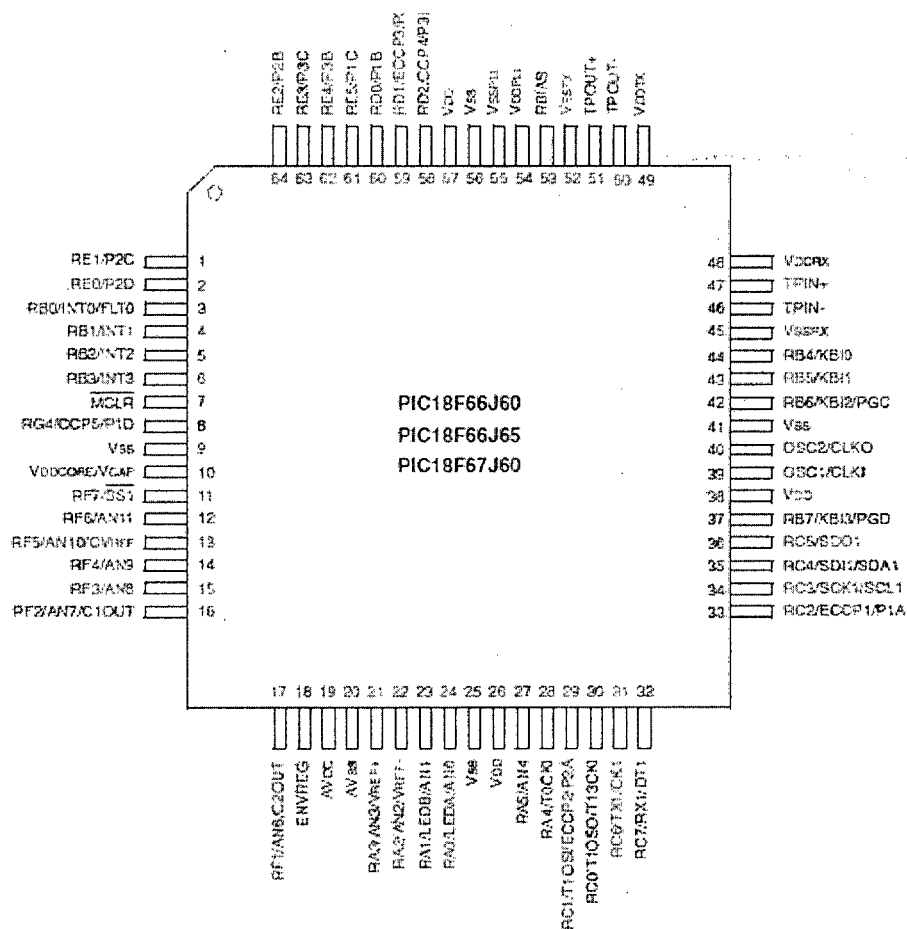
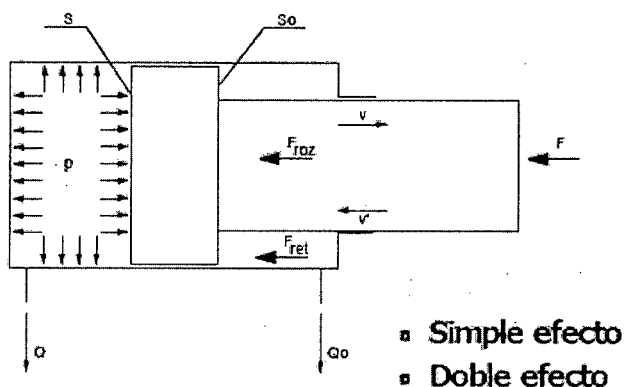


Figura 30: Diagrama del Microcontrolador XBeePro

CILINDROS HIDRÁULICOS



Amortiguación del cilindro hidráulico

- Necesaria con:
- $v > 0.1 \text{ m/s}$
 - Mover grande masas

$$v_{\max} = \sqrt{0.01 + \frac{p_{\max} \cdot s \cdot S_A}{S \cdot m}}$$

v_{\max} = velocidad [m/s]

p_{\max} = presión máxima [bar]

S_A = sección de amortiguación [cm²]

m = masa móvil [kg]

s = carrera efectiva de amortiguación [cm]

